

четыре группы: химически связанную; физико-химически связанную; физико-механически связанную; свободную.

Химически связанная вода входит в состав веществ и не выделяется даже при термической сушке. Удаление химически связанной влаги ведет к изменению начальных свойств веществ. Физико-химической связью удерживается адсорбционная и осмотическая влага. Физико-механической связью удерживается капиллярная и структурная влага, а также влага смачивания, при этом количество связанной влаги зависит от геометрической формы, размеров и расположения твердых частиц дисперсной фазы, что определяет величину и форму пор между частицами. Характер связи влаги с твердыми частицами осадка обычно изучают в процессе тепловой сушки.

Выполненные исследования условий образования и физико-химических показателей осадков позволяет обосновать метод их обезвоживания и утилизации в зависимости от технологической схемы очистки природных и сточных вод.

1.Шевченко Л.Я., Дрозд Г.Я., Зотов М.И., Маслак В.М. Осади водогінних станцій: витяг і утилізація. – Луганськ: Вид-во Луганського аграрного університету, 2004. – 196 с.

2.Шевченко Л.Я. Количественная оценка сточных вод и осадков станций очистки природных вод, сбрасываемых в водные объекты Украины // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб: Вып.29. – К.: Техніка, 2001. – С.118-120.

3.Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. – Рівне: ВАТ "Рівненська друкарня", 2002. – 662 с.

4.Душкин С.С., Гриценко А.В., Внукова Н.В., Сорокина Е.Б. Водоснабжение, водоотведение и улучшение качества воды. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 154 с.

Получено 27.03.2005

УДК 628.162.1 : 628.112.2

Б.М.БОРИСОВ, Е.А.ЛЮБАВИНА, кандидаты техн. наук

Харьковский государственный университет питания и торговли

ОКИСЛИТЕЛЬНО-СОРБЦИОННЫЙ МЕТОД ПРИ ОСВЕТЛЕНИИ, ОБЕСЦВЕЧИВАНИИ И ДЕЗОДОРАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Рассматривается проблема удаления загрязнений из воды путем фильтрования через различные зернистые загрузки. Рекомендуется использовать метод окисления совместно с сорбционным методом осветления, обесцвечивания и дезодорации воды. Для одноступенчатых реагентных схем оптимальные условия осуществления процесса создаются в осветлительно-сорбционных контактных осветлителях. В качестве загрузки рекомендуются гранодиоритный песок и гранулированный уголь марки АГ-М.

Увеличивающаяся загрязненность водных объектов формирует опасность попадания вредных для здоровья человека веществ в питьевую воду. В настоящее время активно ведутся исследования по интен-

сификации общепринятых процессов осветления, обесцвечивания и дезодорации воды с целью гарантировать качество очищенной воды.

Простота устройства, небольшие капитальные затраты, одновременно с возможностью улучшения технологии очистки воды, ещё в советское время способствовали расширению применения осветлительно-сорбционных угольно-песчаных фильтров в различных регионах. Изучению вопросов сорбции органических загрязнений из природных вод в фильтровальных сооружениях были посвящены работы Л.А.Кульского, В.В.Гончарука, Ю.В.Новикова, А.Д.Смирнова, Е.А.Sigworth, М.А.Шевченко [1-6],

Установлено, что обесцвечивание и дезодорация природных вод в сорбционных фильтрах усиливается в результате проявления сорбентом каталитических свойств. Наличие на поверхности сорбента участков с повышенным адсорбционным потенциалом объясняется присутствием окислов общего состава C_xO_y и является причиной каталитических свойств. Поэтому именно здесь происходит концентрирование адсорбируемых веществ и ускорение реакций между ними [6]. Превращение органических веществ на поверхности катализатора может приводить к деструкции их молекул, улучшая их сорбцию.

Применение метода окисления совместно с сорбционным методом интенсифицирует процесс осветления, обесцвечивания и дезодорации воды. Предварительная обработка воды хлором, его производными, озоном, перманганатом калия и т.д., с последующей адсорбцией загрязнений на угле, приводит не к простому суммированию процессов, а к возникновению нового, заключающегося в каталитическом окислении загрязнений и сорбции продуктов распада. По отношению к этим веществам адсорбент обладает более высокой ёмкостью поглощения, чем к исходному продукту. Возрастает в этом случае и продолжительность межрегенерационного периода сорбента.

Проведенные эксперименты на Днепровской водопроводной станции (Киев, 1996 г.) с предварительным хлорированием и озонированием сырой воды перед её фильтрованием в слое донецкого активированного антрацита показали существенное повышение эффективности сорбционной очистки. Это преимущество возрастало с увеличением времени эксперимента. После пропуска через фильтр 4000 условных объёмов воды ХПК фильтрата озонированной воды равнялось – 0,1; хлорированной – 0,3; а сырой (без реагента) – 0,45 ХПК₀ [7]. Это объясняется тем, что озонирование воды перед её очисткой в сорбционных фильтрах существенно меняет строение молекул органических веществ и тем самым улучшает условия адсорбции [8].

Широчайшее применение окислительно-сорбционный метод

(озон + сорбент) получил за рубежом, во Франции, в Германии, Швейцарии, Финляндии: его используют более 600 водопроводных станций.

Ухудшение состава природных вод поверхностных водоисточников с одной стороны, и ужесточение требований органов Санэпиднадзора с другой, побудили работников горводоканалов реализовать окислительно-сорбционный метод очистки воды в осветлительно-сорбционных угольно-песчаных фильтрах. Фильтры с кварцевой загрузкой в качестве сооружений II ступени не всегда обеспечивают требуемую степень осветления, обесцвечивания и, при необходимости, дезодорации воды даже от незначительных по величине запахов. Кроме того, при поступлении в фильтры плохо отстоявшейся воды кварцевые фильтры имеют малую грязеемкость и обеспечивают короткие фильтроциклы, что увеличивает эксплуатационные затраты и снижает производительность очистных сооружений. Возможности по замене фильтрующих кварцевых загрузок на более грязеемкие, например гранодиоритные, у эксплуатационников весьма ограничены из-за отсутствия средств. Досыпка сверху обогащенного или активированного угля позволяет не только улучшить качество осветления, обесцвечивания и дезодорации воды, но и удлинить продолжительность фильтроциклов. Сорбционный слой в таких фильтровальных сооружениях изготавливался из угольных гранул, тогда ещё дешевого угля марки АГ-3, обладавшего достаточными физико-механическими и сорбционными свойствами, а требуемая высота слоя иногда достигала 1,5 м.

В течение года исследовали работу производственных угольно-песчаных фильтров на водоочистной станции г.Тюмень. Над слоем ненадёжно работающего кварцевого песка высотой 1,2 м размещали слой АГ-3 высотой 1,2 м, имеющего $d_{\text{экв}} = 1,36$ мм. За счёт этого увеличивалась и грязеемкость, и производительность фильтров. При подаче на фильтры воды с цветностью 40 град. по платинокобальтовой шкале, с мутностью до 10 мг/дм^3 , гнилостным запахом 3-4 балла, окисляемостью 25 мг/дм^3 , скорость фильтрования была увеличена с 4-5 до 8 м/ч, а качество фильтрата при этом соответствовало ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая». Параметры промывки двухслойных фильтров оставались такими же, как и у рядом работающих фильтров с кварцевой загрузкой [9]. Таким образом, процесс осветления, обесцвечивания и дезодорации воды в фильтрах был интенсифицирован и соответствовал нормативам эксплуатации (продолжительность фильтроциклов составляла 8-12 ч [10]. Однако, как показали результаты производственных испытаний, через год работы фильтров сорбционные способности угля снизились, что вызвало ухудшение эффекта дезодорации. В то же время эффект осветления и обесцвечивания воды оставался вы-

соким. Кольматация активной поверхности гранул угля взвесью и продуктами гидролиза коагулянта на протяжении рабочих фильтроциклов не препятствовали использованию угля в качестве обычного (адгезионного) фильтрующего материала. Более того, использование в двухслойных угольно-песчаных фильтрах более эффективных, по сравнению с кварцевым песком, гранодиоритных фильтрующих материалов позволяет, не снижая продуктивность фильтров, уменьшить высоту дорогостоящего сорбционного слоя. Тем самым интенсифицируется работа осветлительно-сорбционных угольно-песчаных фильтров. Замена кварцевых фильтрующих загрузок на гранодиоритные в осветлительно-сорбционных угольно-песчаных фильтрах дает возможность уменьшить высоту дорогостоящего угольного слоя до минимальных размеров, равных 0,3-0,5 м.

Для одноступенчатых реагентных схем наиболее оптимальные условия процесса осветления, обесцвечивания и дезодорации воды могут быть созданы в осветлительно-сорбционных контактных осветлителях. Эти сооружения конструируются таким образом, что почти полное обесцвечивание и осветление воды (удаление взвесей, коллоидов и части растворенных веществ) происходит в одном – осветлительном слое, а сорбция остатков растворенных ингредиентов цветности и запахов – в другом, сорбционном слое. Обе загрузки таких сооружений размещаются в одном аппарате, одна над другой. Это обеспечивает экономию площадей станции водоочистки, снижение или ликвидацию капиталовложений на строительство третьей ступени сорбционных фильтров.

В качестве осветлительных слоев контактных осветлителей вместо кварцевого песка предпочтительно использовать крымский (горный) гранодиоритный песок, а вместо дорогостоящих активированных углей для устройства сорбционных загрузок – активированные или обогащенные антрациты. Дефицит качественного кварцевого песка и активированного угля в Украине, особенно отечественного производства, вынуждает вести поиск местных фильтрующих материалов. Одним из них является крымский горный (гранодиоритный) песок, производящийся на работающих предприятиях строительной индустрии бывшего объединения «Крымнерудпром». Песок, получаемый в результате дробления и отсева горных диоритных пород, имеет развитую удельную поверхность, высокие порозность слоя (56-58 %) и грязеёмкость. Поэтому его использование в осветлительно-сорбционных контактных осветлителях в качестве первого по ходу движения воды слоя улучшает их работу. Засыпка применяющихся сегодня осветлителей типа КО-1 и КО-3 крымским песком увеличивает производитель-

ность фильтровальных сооружений, снижает затраты на промывку, повышает качество очистки воды.

Завершение процесса очистки воды в двухслойных контактных осветлителях в основном от растворенных ингредиентов цветности и запаха происходит во втором по ходу движения воды сорбционном слое. В данной конструкции осветлителей сорбционный слой защищен от попадания в него взвешенных и коллоидных загрязнений, задерживаемых осветлительным песчаным слоем. Фильтрующая загрузка сорбционного слоя может быть выполнена из таких марок активированных углей, как АГ-М, АГ-З и т.д., или обогащенных антрацитов – АО-1, АОД. Конструктивные особенности предлагаемых контактных песчано-угольных осветлителей позволяют в рабочем и в промывочном режимах подавать на уголь чистую воду, содержащую минимальное количество взвеси и продуктов гидролиза коагулянта.

В связи с тем, что гранодиоритный песок – новый фильтрующий материал (патент Украины на способ очистки выдан в 2000 г.), его фильтрующие свойства мало изучены. Гранулированный уголь марки АГ-М, в отличие от угля марки АГ-З, как сорбент ингредиентов цветности и запаха также недостаточно изучен, поскольку он использовался, в основном, как фильтрующий материал. Природные сорбенты АО-1 и АОД-1 начали выпускать в Украине сравнительно недавно. Поэтому изучение в процессе исследований фильтрующих и сорбционных свойств перечисленных фильтросорбцов представляет практический и научный интерес.

Разработка и внедрение в производство гранодиоритных, угольно-гранодиоритных фильтров, контактных осветлителей для осветления, обесцвечивания и дезодорации природных вод позволяет решить следующие задачи:

1. При использовании в технологии очистки контактных осветлителей с диоритно-угольным слоем – отказаться от необходимости строительства сооружений I и III ступеней очистки.
2. Значительно снизить эксплуатационные затраты, упростить техническое обслуживание водоочистных станций.
3. Уменьшить на 40-50% по сравнению с угольными фильтрами технологически необходимую высоту сорбционного слоя, снизить материалоемкость сооружений.
4. Интенсифицировать процесс осветления, обесцвечивания и дезодорации воды, улучшить очистку воды от токсичных, мутагенных и канцерогенных ингредиентов цветности и запаха.

Анализ предлагаемых различными исследователями способов осветления, обесцвечивания и дезодорации воды подтверждает, что наи-

более надежным является окислительно-сорбционный метод, который реализуется в фильтровальных сооружениях с зернистыми сорбционными загрузками из природных и технических сорбентов, обладающих эффективными адгезионными и каталитическими свойствами. Именно на этой стадии создаётся постоянно действующий барьер для веществ, придающих воде цветность и запахи.

Практическое использование перечисленных фильтровальных сооружений для осветления, обесцвечивания и дезодорации природных вод вызывает необходимость дальнейших исследований по идентификации ингредиентов, придающих природным водам водохранилищ цветность и запахи, определению фильтро-сорбционных способностей гранодиоритов, углей марок АГ-М, ОА-1, АОД, исследования кинетики процессов, определения расчётно-конструктивных параметров осветлительно-сорбционных загрузок и осветлительно-сорбционных фильтровальных сооружений в целом.

- 1.Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – 4-е изд., перераб. и доп. – К.: Наук. думка, 1983. – 528 с.
- 2.Гончарук В.В. Концепция улучшения качества питьевой воды в Украине. // Химия и технология воды. – 1994. – №5. – С.469.
- 3.Новиков Ю.В., Кудрин Л.В., Ноаров Ю.А. Современная гигиеническая проблема зарегулированных водоёмов // Гигиена и санитария. – 1985. – №3. – С.55-56.
- 4.Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. – Л.: Химия, 1982. – С.69-76.
- 5.Sigworth E. A. Taste and odor problems in the Unites States. Jour. “New Engl Water Assoc” – 1959. – V 73, №3. – pp. 55-59.
- 6.Шевченко М.А., Марченко П.В. и др. Окислители в технологии водообработки. – К.: Наук. думка, 1979. – 178 с.
- 7.Черкинский С.Н. Гигиенические вопросы водоснабжения. – М.: Медицина, 1985. – 44 с.
- 8.Методические рекомендации по обеспечению требований СП и СанПиН 2.1.4.559-96 / Госстрой России. – М., 2000. – С.46-48, 63.
- 9.Борисов Б.М., Хоружий П.Д. Окислительно-сорбционный метод очистки воды из Северо-Крымского канала // Экспресс-информация ЦБНТИ Минводхоза СССР. Вып.1. – М., 1982. – С.14, 17-19.
- 10.Борисов Б.М. Технологии осветления, обесцвечивания и дезодорации природных вод. – Симферополь: Вперед, 2002. – С.113, 115-121.

Получено 27.03.2005

УДК 628.38/35 : 631.92/95

Н.И.ЗОТОВ, канд. техн. наук, О.А.ЧЕРНЫШЕВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПОТОКОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АГРОСФЕРЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Предлагается концептуальная модель взаимодействия тяжелых металлов, содержащихся в осадках сточных вод с почвенным поглощающим комплексом. Исследовано